

# Stacja lutownicza

*Jednym z najczęściej używanych przez elektronikę narzędzi jest lutownica. Myślę, że każdy elektronik, zarówno amator jak i profesjonalista, chciałby posiadać stację lutowniczą z możliwością regulacji temperatury. Niestety, ze względów finansowych niewielu stać na takie narzędzie.*

Chciałbym zaproponować amatorskie rozwiązanie, które z mojej standardowej grzałkowej lutownicy zrobiło stację lutowniczą o całkiem niezłych parametrach.

## Opis układu

Największym problemem w tym przypadku okazał się pomiar temperatury grotu. Początkowo próbowałem wykorzystać zmianę rezystancji grzałki w funkcji temperatury. Mierząc jednocześnie, podczas pracy grzałki, prąd płynący przez nią i napięcie przyłożone, można obliczyć rezystancję, na podstawie której (mnożąc przez odpowiedni współczynnik) można określić rzeczywistą wartość temperatury.

Niestety, w przypadku mojej lutownicy zmiany rezystancji grzałki w całym zakresie temperatur były tak nikłe, że wartość obliczonej temperatury byłaby obciążona znacznym błędem.

Skorzystałem zatem z termopary. Miałem do dyspozycji termoparę z oryginalną izolacją ze szklanego włókna. Włożyłem ją jeszcze do dodatkowej koszulki odpornej na wysoką temperaturę i umieściłem na zewnątrz lutownicy, mocując końcówkę termopary w miejscu gdzie znajduje się grzałka. Nie jest to może eleganckie rozwiązanie, ale nie było możliwe mocowanie końcówki termopary wewnątrz lutownicy, gdyż grzałka była zalana masą ceramiczną. Muszę przyznać, że rozwiązanie, które zastosowałem w żadnym wypadku nie przeszkadza podczas pracy. Zaciski termopary podłączyłem w uchwycie lutownicy możliwie jak najdalej od grzałki, tak aby temperatura zacisków była zbliżona do pokojowej. Wiadome jest, że napięcie jakie pojawia się na zaciskach termopary jest wprost proporcjonalne do różnicy temperatur między końcówką termopary, a jej za-

ciskami. Dlatego też w układach dokładnego pomiaru temperatury albo zaciski termopary utrzymuje się w stabilnej temperaturze (co jest dość trudne do wykonania), albo kompensuje się termicznie. W moim przypadku nie skorzystałem z żadnej z tych metod, gdyż zawyżyłoby to koszty projektu, a błąd tylko nieznacznie wpływa na końcowy efekt.

Materiały o termicznym kompensowaniu zacisków termopary można znaleźć w Internecie na stronie „For design engineers“ firmy National Semiconductor: <http://www.national.com/catalog/> wystukując hasło „Thermocouple“ w query.

Zmiany napięcia na zaciskach termopary są stosunkowo niewielkie: 5..50µV/°C, więc wymaga ono dość solidnego wzmocnienia. Należy w takim wypadku zastosować precyzyjny wzmacniacz operacyjny. Wykorzystałem NE5532, gdyż miał najmniejsze napięcie niezrównoważenia z dostępnych „pod ręką“. Z drugiego wzmacniacza operacyjnego, znajdującego się w kości, zrobiłem źródło prądowe, które jest potrzebne do przetwarzania A/D. Aby zapewnić liniowość pracy źródła w całym przedziale napięć wyjściowych, należy spełnić warunek  $R1=R4$  i  $R5=R6$ . Za pomocą omierza dobrałem dwie pary rezystorów o najbardziej zbliżonych do siebie wartościach rezystancji. Źródłem napięcia odniesienia w tym przypadku jest układ LM385-1,2V.

Jako układ przetwornika A/D użyłem NE555. Wbrew pozorom ten popularny, a zarazem tani, układ czasowy może być wykorzystany jako przetwornik A/D o całkiem niezłej rozdzielczości - grubo powyżej 8 bitów. W tym przypadku służy on jako przetwornik napięcie - częstotliwości. Przy pomo-

Projekt  
050

## WYKAZ ELEMENTÓW

### Rezystory

P1, P2: 10kΩ  
R1: 33kΩ  
R2: 2,2kΩ  
R3: 22Ω  
R4: 33kΩ  
R5, R6, R11: 3,3kΩ  
R7: 330Ω  
R8: 10kΩ  
R9: 1kΩ  
R10: 4,7kΩ  
R12: 220Ω  
R13: 1kΩ  
R14: 1,5MΩ  
RP1: 7x820Ω

### Kondensatory

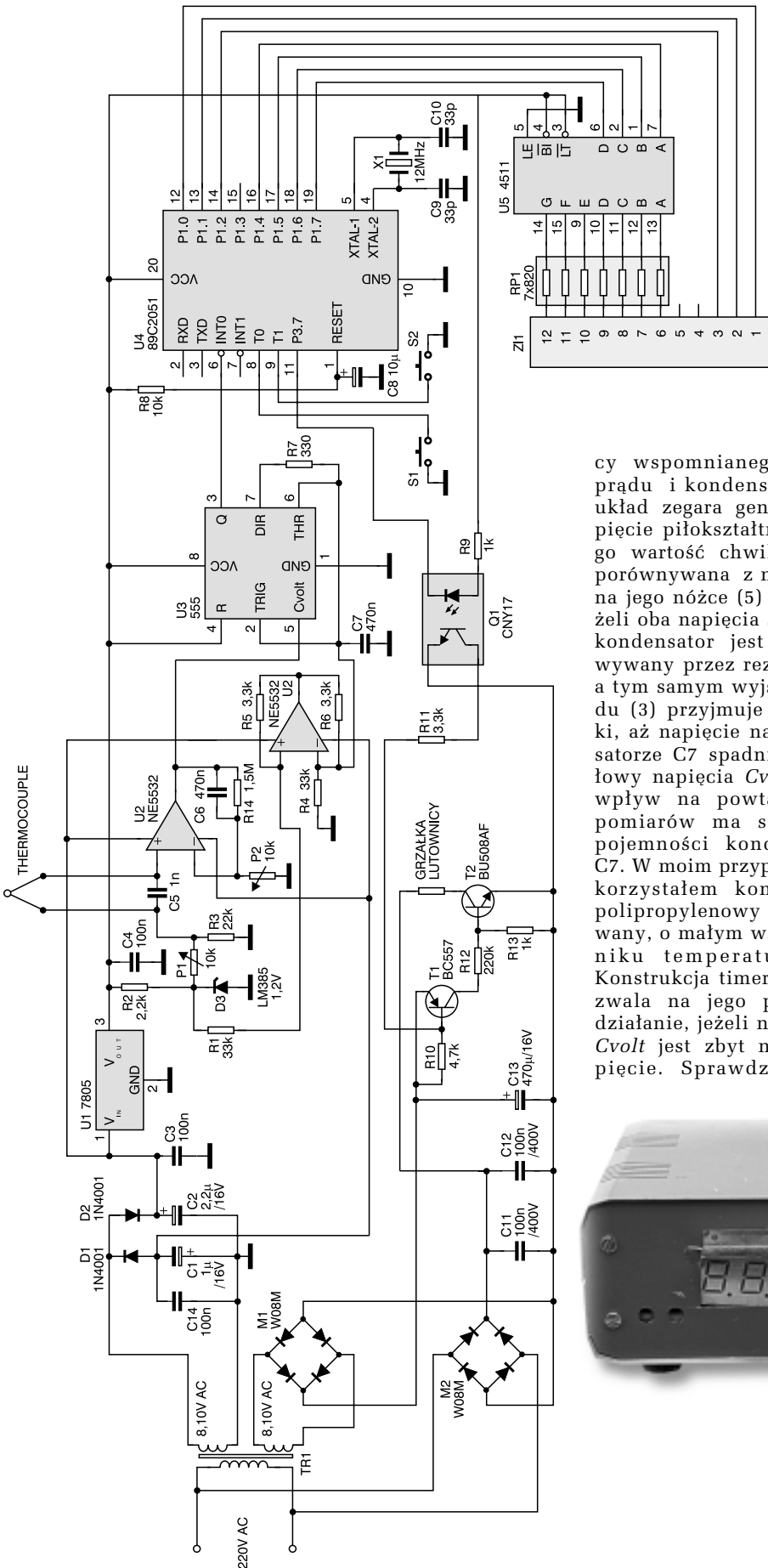
C1: 1mF/16V  
C2: 2.2mF/16V  
C3: 100nF  
C4: 100nF  
C5: 1µF unipolarny  
C6, C7: 470nF  
C8: 10µF/10V  
C9: 33pF  
C10: 33pF  
C11: 100µF/400V  
C12: 100nF/400V  
C13: 470µF/16V  
C14: 100nF

### Półprzewodniki

U1: 7805  
U2: NE5532  
U3: NE555  
U4: 89C2051 zaprogramowany  
U5: 4511  
T1: BC557  
T2: BU508AF  
O1: CNY17  
D1, D2: 1N4001  
D3: LM385  
M1, M2: W08M mostki prostownicze  
W1..W3: wyświetlacze WK

### Różne

Z11: IDC16  
TR1: wg opisu  
X1: 12MHz kwarc



Rys. 1.

cy wspomnianego źródła prądu i kondensatora C7 układ zegara generuje napięcie piłokształtne, którego wartość chwilowa jest porównywana z napięciem na jego nóżce (5) *Cvolt*. Jeżeli oba napięcia są równe, kondensator jest rozładowywany przez rezystor R7, a tym samym wyjście układu (3) przyjmuje stan niski, aż napięcie na kondensatorze C7 spadnie do połowy napięcia *Cvolt*. Duży wpływ na powtarzalność pomiarów ma stabilność pojemności kondensatora C7. W moim przypadku wykorzystałem kondensator polipropylenowy metalizowany, o małym współczynniku temperaturowym. Konstrukcja timera nie pozwala na jego poprawne działanie, jeżeli na wejściu *Cvolt* jest zbyt niskie napięcie. Sprawdziłem, że

układ przestaje poprawnie działać, gdy spadnie ono poniżej ok. 1,4V. Dlatego należy zapewnić wstępną polaryzację zacisku termopary. Jest to zrobione za pomocą dzielnika napięcia P1, R3 biorącego napięcie odniesienia z diody LM385. Nie jest też wskazane podawanie na to wejście napięcia większego niż 4V (*Uz-1*). Zastosowana tutaj metoda przetwarzania A/D, poza niską ceną i dobrą rozdzielczością, ma jeszcze jedną ważną zaletę, bardzo łatwo można odseparować galwanicznie układ pomiarowy od mikroprocesora, co często jest konieczne w warunkach przemysłowych, chociaż nie było konieczne w tym przypadku.

Ujemne zbczoce napięcia na wyjściu układu timera (3) generuje przerwanie mikrokontrolera *INT0*. W tym momencie zostaje zablokowane zliczanie impulsów *timer0* mikroprocesora. Procedura obsługi przerwania odczytuje liczbę impulsów zliczonych przez *timer0*, która jest wprost proporcjonalna do napięcia na wejściu *Cvolt* układu U3, a tym samym do temperatury. W dalszej kolejności zerowany jest licznik *timer0*. Stan wysoki na wejściu *INT0* układu U4 uruchamia na nowo zliczanie impulsów do momentu kolejnego przerwania *INT0*. Częstotliwość zliczanych impulsów wynosi 1MHz ( $f_{osc}/12$ ).



## Listing 1.

```

;program kontroli temperatury lutownicy
;przetwornik A/D typu NE555 podlaczony do p3.2
;p3.4 - przycisk incr /0 aktywne/
;p3.5 - przycisk decr /0 aktywne/
;p3.7 sterowanie grzalka /0 aktywne/
;podlaczanie wyswietlacza:
;p1.0 - setki /0 aktywne/
;p1.1 - dziesiatki /0 aktywne/
;p1.2 - jednostki /0 aktywne/
;p1.4 - p1.7 do ABCD 4511

$mod51
;30h, 31h - pamiec BCD wartosci rzeczywistej temperatury
;32h, 33h - pamiec BCD wartosci zadanej temperatury
cyf EQU 030h
mhb EQU 036h ;suma posrednia temperatury hB
mlb EQU 037h ;suma posrednia temperatury lB
lint EQU 038h ;licznik usredniania
buti EQU 039h ;licznik przycisku incr
butd EQU 03Ah ;licznik przycisku decr
zad EQU 03Bh ;wartosc zadana temperatury
tzad EQU 03Ch ;czas trwania trybu wysw.wart.zadanej
cyfra EQU 03Dh ;pamiec nr'u aktualnie wyswietlanej cyfry
rcyf EQU 03Eh ;rejestr przesyony cyfry

;bjajt 2Ph jako pamiec bitowa
tim EQU 078h ;bit pomocniczy
ust EQU 079h ;ustawiony - wyswietlanie wartosci zadanej
new EQU 07Ah ;pierwszy raz
pres EQU 07Bh ;tryb wyswietlania wartosci zadanej

but1 EQU p3.4 ;przycisk incr
but2 EQU p3.5 ;przycisk decr
outp EQU p3.7 ;sterowanie

;początek programu
org 00h ;wektor przerwania RESET
jmp inic
org 03h ;wektor przerwania INTO
jmp intx
org 1Bh ;wektor przerwania TIME1
jmp time1

inic: mov cyfra,#01h
mov rcyf,#01h
mov mhb,#00h
mov mlb,#00h
mov lint,#00h
mov buti,#00h
mov butd,#00h
mov tzad,#00h
mov zad,#160
mov sp,#10
mov R0,#cyf
mov @R0,#00 ;1,2 cyfra
inc R0
mov @R0,#00 ;3,4 cyfra
inc R0
mov @R0,#60h ;1,2 cyfra wart.zadanej
inc R0
mov @R0,#02h ;3,4 cyfra wart.zadanej
mov th1,#0PFh ;ustaw zegar hB
setb new
clr pres
mov tcon,#01010001b
;ustawianie zegarow, int0 wyzw opad. zboczem
mov tmod,#00011001b ;t0 16 bitowy, t1 16 bitowy,GATE0=1
mov ip,#00000001b;priorityet --,PT2,PS,PT1,PK1,PF0,PK0
mov ie,#10001001b;maska przerwan EA,EAD,ET2,ES,ET1,EX1,ET0,EX0

loop: nop
nop
nop
sjmp loop

;procedura zamienia slowo na 4 cyfry w kodzie BCD i wpisuje do rej.wysw.
;@(r0+1),@r0 = fbcd(b,a), zmienia a,b,r0,@(r0+1),@r0
dbcd: xch a,b
mov @r0,a
anl a,#11111100b
jnz bcd3 ;dana przekracza zakres
mov a,@r0
xch a,b
mov @r0,#0PFh
inc @r0
xch a,@r0
clr c
clr ac
da a
xch a,@r0
clr c
subb a,#100
xch a,b
subb a,#0
xch a,b
jnc bcd2
inc r0
mov @r0,#0PFh ;3,4 cyfra
add a,#100
clr c
mov b,#10
div ab
swap a
add a,b
mov @r0,a
bcd3: ret

;***** procedura przerwania int0 - pobranie A/D *****
intx: clr tr0 ;zatrzymaj zliczanie t0
push ACC
push B
push PSW
jb new,intx0
inc lint
mov a,t10 ;mB=mB+t0
add a,mlb
mov mlb,a
mov a,mhb
addc a,th0
mov mhb,a
intx0: mov t10,#0 ;wyzeruj licznik
mov th0,#0
setb tr0 ;rozpoczniej zliczanie
clr new

mov a,#16
cjne a,lint,intx2

mov lint,#00
mov a,mhb ;mB=mB/16
swap a
mov mhb,a
anl mhb,#00001111b
anl a,#11110000b
mov b,a
mov a,mlb
swap a
anl a,#00001111b
orl a,b ;pomiar=(b,a)
mov b,mhb
mov b,mhb ;wskazania=(pomiar-820)/4
clr c
subb a,#52
xch a,b
subb a,#3 ;(a,b)=pomiar-820
clr c
rrc a ;a=MSB/2, b=LSB
xch a,b
rrc a ;a=LSB/2, b=MSB/2
xch a,b ;(a,b)=(pomiar-820)/2
clr c
rrc a ;a=MSB/4, b=LSB/2
xch a,b ;(b,a)=(pomiar-820)/4
rrc a
mov mlb,a
mov mhb,b
ob11: mov R0,#cyf
acall dbcd
mov a,mlb
clr c
subb a,#100
mov mlb,a
jnc ste0
dec mhb
ste0: mov a,mhb
jz ste3
cjne a,#1,ste2
mov mlb,#255 ;temp.wieksza niz zakres zadanej
sjmp ste3
ste2: mov mlb,#0 ;temp.mniejsza niz zakres zadanej
ste3: mov a,zad
clr c
subb a,mlb
mov outp,c
mov mlb,#00
mov mhb,#00

intx2: pop PSW
pop B
pop ACC
reti

;***** procedura przerwania timer1 - obsluga wyswietlacza *****
time1: mov th1,#0FAh ;ustaw zegar hB
mov a,cyfra ;nr wyswietlanej cyfry
clr c
rrc a
mov tim,c
add a,#cyf ;adres pierwszej cyfry
jnb pres,timx0
add a,#02 ;tryb wyswietlania wart.zadanej
timx0: mov R1,a
mov a,@R1
jnb tim,timx1
swap a
timx1: anl a,#11110000b
mov b,a
mov a,rcyf
cpl a
anl a,#00001111b
orl a,b ;a-wartosc cyfry, rcyf-nr cyfry
mov pl,a ;wyswietl zawartosc cyfry
inc cyfra
mov a,rcyf
rl a
mov rcyf,a
anl a,#11110000b
jz timx2 ;jezeli cyfra<3
mov cyfra,#01
mov rcyf,#01
timx2: ;przyciski
jb but1,inc04 ;badanie stanow przyciskow
inc buti ;incr button on
mov tzad,#255 ;uruchom tryb wysw.wart.zadanej
mov a,#8 ;anty migotanie stykow
cjne a,buti,inc01
inc zad
inc01: mov a,#255 ;trzymanie
cjne a,buti,inc02
mov buti,#215
inc zad
inc02: mov a,#251 ;czy nie przekracza zakresu
cjne a,zad,inc03
dec zad ;zad=#kroki
inc03: sjmp dec04 ;if incr ignore decr
inc04: mov buti,#0
decr: jb but2,dec04
inc butd ;decr button on
mov tzad,#255 ;uruchom tryb wysw.wart.zadanej
mov a,#8 ;anty migotanie stykow
cjne a,butd,dec01
dec zad
dec01: mov a,#255 ;trzymanie przycisku
cjne a,butd,dec02
mov butd,#215
dec zad
dec02: mov a,#19
cjne a,zad,timx3
mov zad,#20
dec03: sjmp timx3
dec04: mov butd,#00
timx3: mov a,tzad
jz timx4
dec tzad
dec a
jnz timx4
clr pres
sjmp timx4
timx4: setb pres
mov a,#100
mov b,#00
add a,zad
jnc timx5
inc b
timx5: mov R0,#cyf+02
acall dbcd
timxe: reti
end

```

W programie jako wartość pomiaru przyjąłem średnią z 16 kolejnych pomiarów. Przetwornik zapewnił mi rozdzielczość ok. 11 bitów.

Wymagana jest natomiast rozdzielczość 9 bitów ( $\text{temp} < 20..400^{\circ}\text{C}$ ), wobec czego dwa najmniej znaczące bity pomiaru są ignorowane. Aby uzyskać realną wartość temperatury, od otrzymanej wartości należy jeszcze odjąć wartość wynikającą z polaryzacji wstępnej. Tak otrzymana wartość, po konwersji na kod BCD, jest przesyłana poprzez układ U5 na moduł wyświetlacza. Użyłem tutaj trzech wyświetlaczy 7-segmentowych ze wspólną katodą. Wydajność prądowa portu *p1* mikroprocesora pozwala na bezpośrednie sterowanie segmentów.

Procedura obsługi przezwania *INT0* porównuje zadaną wartość temperatury

z wartością rzeczywistą i w zależności od tego ustawia odpowiedni stan na wyjściu *p3.7*. Wykorzystałem tutaj najprostszą metodę regulacji, która w rezultacie daje oscylacje temperatury ok.  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  wokół wartości zadanej. Dla wprawnych automatyków jest tutaj wyzwanie zastosowania lepszej metody regulacji. Procedura przezwania od *timer1* obsługuje wyświetlanie wartości temperatury oraz sprawdza stan przycisków, którymi ustala się wartość zadaną temperatury.

Cały układ wymaga trochę niestandardowego zasilacza. Transformator powinien mieć dwa, odseparowane galwanicznie od sieci, uzwojenia wtórne. Jedno do uzyskania napięcia symetrycznego do zasilania wzmacniaczy operacyjnych i układów cyfrowych, drugie

do sterowania tranzystora klucza włączającego grzałkę lutownicy. Grzałka jest zasilana wyprostowanym napięciem sieci, co pozwala na uzyskanie większego zakresu temperatury pracy, gdyż napięcie to wynosi ok. 305V. Zastosowanie lutownicy na napięcie nominalne 12V lub 24V znacznie uprościłoby konstrukcję zasilacza i nie wymagałoby separacji galwanicznej napięcia zasilania układu sterowania i grzałki.

#### Uruchomienie

Zmontowany układ podłączamy do sieci przerywając obwód zasilania grzałki. Za pomocą potencjometru P1 ustawiamy wartość napięcia na rezystorze R3 na ok. 5mV. Następnie, za pomocą potencjometru P2, ustawiamy wzmocnienie układu U2, tak aby na wyjściu *CVolt* U3 było ok. 1,5V.

Aby precyzyjnie ustawić wskazania, potrzebny jest termometr o zakresie do  $300^{\circ}\text{C}$ . Ja mierzyłem temperaturę termoparą, w którą był wyposażony mój multimetr. Ustawianie jest dość mozolne, ponieważ można tego dokonać metodą kolejnych przybliżeń, korygując ustawienia potencjometrów P1 i P2 dla dwóch możliwie najbardziej różnych temperatur lutownicy. W moim przypadku przyjąłem  $20^{\circ}\text{C}$  (lutownica zimna) i  $300^{\circ}\text{C}$ . W przypadku braku odpowiedniego termometru można przyjąć temperatury np.  $20^{\circ}\text{C}$  i  $150^{\circ}\text{C}$ . Zawężając jednak różnicę temperatur kalibrujących pogarszamy dokładność wskazań przez układ wartości temperatury.

Układ uruchomiłem 3 miesiące temu i, jak na razie, pracuje bez zarzutu.

**Piotr Swadźba**